

CARACTERIZACIÓN EDÁFICA Y CLIMÁTICA DEL ÁREA PRODUCTORA DE AGUACATE *PERSEA AMERICANA* CV. "HASS" EN MICHOACÁN, MÉXICO.

J. Anguiano-Contreras¹, V.M. Coria-Avalos¹, J.A. Ruíz-Corral¹, G. Chávez-León¹, J.J. Alcántar-Rocillo¹.

¹INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana No. 1101. Col. Revolución. C.P. 60150. Uruapan, Michoacán, México. cefapuru@prodigy.net.mx

RESUMEN

En la implementación de programas para manejo integrado del cultivo del aguacate, es indispensable conocer las características edafo-climáticas que prevalecen en las plantaciones. El presente estudio se hizo con el objetivo de caracterizar las condiciones de suelo y clima de las áreas cultivadas con aguacate en Michoacán, México. Primero se delimitaron y cuantificaron las plantaciones, para ello se utilizaron imágenes multiespectrales del satélite LandSat 7 ETM+ captadas en enero del año 2001, las cuales fueron procesadas y clasificadas mediante interpretación visual con el programa ENVI v. 3.2. Posteriormente se realizó la caracterización edafo-climática de las plantaciones, para lo cual fue necesario conformar un sistema de información ambiental en formato raster en el SIG IDRISI 32. Este sistema se integró por las siguientes imágenes temáticas: unidades de suelo, tipos climáticos, altitud, pendiente, temperatura media anual y precipitación acumulada promedio anual. Las unidades de suelo y los tipos climáticos se incorporaron al sistema mediante digitalización, las variables topográficas mediante análisis espacial del modelo de elevación digital del INEGI que tiene una resolución de 90x90 m, y las variables climáticas se generaron mediante un proceso de interpolación a partir de una base de datos climáticos mensuales para el período 1961-2000, correspondiente al estado de Michoacán utilizando el programa QBASIC. Los resultados muestran que las plantaciones se localizan entre los 101° 20' y 103° 40' de longitud oeste y entre los 19° 00' y 20° 00' de latitud norte; a una altitud que oscila entre 1200 y 2400 msnm; con la mayor concentración de huertas (85%) entre 1600 y 2200 m. Con respecto al tipo de suelo, el 80.8% de las plantaciones se encuentra en suelos de tipo andosol, y el restante 19.2 % en suelos del tipo acrisol, feozem, luvisol, litosol, vertisol, regosol y cambisol. Las plantaciones se localizan en pendientes de terreno que van de 0 al 35 %; predominan las huertas (45.3%) con una pendiente de 5 a 10 %; le siguen en abundancia (21.8%), huertas con pendiente de 10 al 15 %. Con relación a tipos de clima, predomina por superficie (32.5%), el semicálido subhúmedo (A)C(w₂)(w); después (25%) el semicálido subhúmedo (A)C(w₁)(w); el templado subhúmedo C(w₂)(w) (24%) y el semicálido húmedo (A)C(m)(w) (10.4%); el resto de la superficie se encuentra

disperso en climas templado húmedo C(m)(w) (4.4%) y semicálido subhúmedo A(C)₀(w) (0.16%). Referente a la temperatura media anual, el rango varía de 11 a 27 °C; la mayor superficie (78.5%) se encuentra entre 15 y 19 °C. Con relación a la precipitación, el 64% de la superficie recibe entre 1050 y 1150 mm de lluvia al año. De acuerdo a los requerimientos edafo-climáticos del aguacate *P. americana* cv. "Hass", se observa que solo en un 65% de la superficie cultivada en Michoacán se cumplen de manera óptima estos requerimientos. En el resto de la superficie, al menos uno de los factores analizados limita la productividad en los huertos.

Palabras Clave: Aguacate, plantaciones, suelo, clima, productividad.

INTRODUCCIÓN

Con 86,000 ha cultivadas de aguacate *Persea americana* variedad "Hass", se considera al estado de Michoacán, como la región productora mas grande del mundo (Sánchez, *et. al.* 2001); sin embargo, el ámbito geográfico de la entidad es muy complejo, puesto que se tienen variaciones extremas como resultado de la combinación de los componentes: suelo, clima, topografía, etc. En muchos casos ha sido ignorado que las características ambientales en que se va a desarrollar un huerto, deben presentar un grado de adecuación suficiente para asegurar la rentabilidad de los insumos tecnológicos recomendados, lo que ha generado una gran variabilidad en la productividad de los huertos (INIFAP 1993).

En la actualidad existe la necesidad de practicar una agricultura más productiva y con un menor nivel de riesgo; la estrategia más clara y precisa es aquella que implica la producción de cultivos en ambientes que provean condiciones que satisfagan los requerimientos agroecológicos de las plantas. Lo anterior implica practicar una zonificación de cultivos que permita identificar áreas y épocas con diferente nivel de aptitud agroecológica, desde las marginales, en donde el cultivo difícilmente satisface sus necesidades ecológicas, hasta las óptimas, donde el cultivo satisface íntegramente tales exigencias (Ruíz, *et. al.* 1999).

Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, es posible agrupar los factores ambientales y sus interacciones, de esta manera se pueden definir las regiones donde se cumplen las condiciones para esperar resultados factibles. En un estudio para determinar el potencial productivo en la región de Tepalcatepec, estado de Michoacán, con la finalidad de obtener un manejo adecuado del recurso agua-suelo-cultivo, se determinó la superficie óptima para la explotación de tres cultivos de cucurbitáceas, de acuerdo a sus requerimientos edafo-climáticos y su ubicación geográfica (Tapia, *et. al.* 1995). En otro ejemplo de aplicación de estas metodologías, se desarrolló una caracterización fenológica del guayabo basada en la caracterización de las temperaturas base y requerimientos térmicos de cuatro etapas de desarrollo, a partir de la cual fue generado un modelo con el que es posible pronosticar la fecha de inicio de brotación, botonamiento floral, floración e inicio de cosecha (Ruiz y Medina 1993). Con base en estos antecedentes, se realizó el presente estudio con el objetivo de caracterizar las condiciones de suelo y clima de las áreas cultivadas con aguacate en Michoacán, México.

MATERIAL Y METODOS

Primero fue delimitada la superficie ocupada por huertos de aguacate en Michoacán. Se utilizaron tres imágenes de satélite multispectrales LandSat 7 ETM+, captadas el 31 de enero de 2001, las cuales cubren el estado de Michoacán. Para el procesamiento y clasificación digital de las imágenes se aplicó el método descrito por Chuvieco (1990), se utilizó el programa de análisis de imá-

genes digitales ENVI v. 3.2. Antes de la clasificación de las imágenes se realizó una composición de falso color y ajuste de contrastes para facilitar su análisis visual. Se usó el método de clasificación supervisada, que comprende las fases de entrenamiento, asignación y verificación. En la fase de entrenamiento se asignaron al menos 60 campos de entrenamiento por cada categoría identificada; para seleccionar los campos de entrenamiento se hicieron tomas de datos en campo con un receptor GPS (Garmin 12XL) a fin de georeferenciar las diferentes categorías, estos datos se sobrepusieron sobre las imágenes para identificar las categorías. En la etapa de clasificación se usaron 4 bandas (2, 3, 4 y 5) con el método de máxima verosimilitud para la asignación de los píxeles a cada categoría. Posteriormente se verificó la clasificación obtenida con campos de entrenamiento generados independientemente de los usados para la clasificación. Para el análisis estadístico se usó el método de matriz de confusión. A partir de esta matriz se calculó el índice de precisión total (cociente del número de píxeles clasificados correctamente dividido por el número total de píxeles en la muestra de control) y el coeficiente de Kappa (precisión espacial de la clasificación total). Para aumentar la precisión del mapa de aguacate. Se usó el programa ArcView 3.2 para realizar una interpretación visual de las imágenes de satélite, sobreponiendo sobre éstas los vectores de las clases de interés y los puntos georeferenciados previamente; se aplicaron las herramientas de edición de ArcView para eliminar, modificar o añadir polígonos, guardando los resultados en formato Shapefile (*.shp).

En la caracterización edafo-climática de las plantaciones, fue necesario conformar un sistema de información ambiental en formato raster en el SIG IDRISI 32. Este sistema se integró por las siguientes imágenes temáticas: unidades de suelo, tipos climáticos, altitud, pendiente, temperatura media anual y precipitación acumulada promedio anual. Las unidades de suelo y los tipos climáticos se incorporaron al sistema mediante digitalización, las variables topográficas mediante análisis espacial del modelo de elevación digital del INEGI que tiene una resolución de 90x90 m, y las variables climáticas se generaron mediante un proceso de interpolación a partir de una base de datos climáticos mensuales para el período 1961-2000, correspondiente al estado de Michoacán utilizando el programa QBASIC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación digital de las imágenes de satélite, con el programa ENVI v. 3.2. permitió obtener una precisión total para cada imagen de 63%, 49% y 59% respectivamente. El coeficiente Kappa fue de 53%, 37% y 45% respectivamente. Estos valores indican una baja confiabilidad; sin embargo, al aplicar las herramientas de edición de ArcView, la precisión se incrementó a casi 90%. Los shapefiles generados incluyen sus respectivas bases de datos georeferenciadas, que despliegan la distribución geográfica de las zonas cultivadas de aguacate.

En referencia a la caracterización edafo-climática de las plantaciones, los resultados muestran que las plantaciones se localizan entre los 101° 20' y 103° 40' de longitud oeste y entre los 19° 00' y 20° 00' de latitud norte; a una altitud que oscila entre 1200 y 2400 msnm; con la mayor concentración de huertas (85%) entre 1600 y 2200 m (Figura 1). Con respecto al tipo de suelo, el 80.8% de las plantaciones se encuentra en suelos de tipo andosol, y el restante 19.2 % en suelos del tipo acrisol, feozem, luvisol, litosol, vertisol, regosol y cambisol (Figura 2). Las plantaciones se localizan en pendientes de terreno que van de 0 al 35 %; predominan las huertas (45.3%) con una pendiente de 5 a 10 %; le siguen en abundancia (21.8%), huertas con pendiente de 10 al 15 % (Figura 3). Con relación a tipos de clima, predomina por superficie (32.5%), el semicálido subhúmedo (A)C(w₂)(w); después (25%) el semicálido subhúmedo (A)C(w₁)(w); el templado subhúmedo C(w₂)(w) (24%) y el semicálido húmedo (A)C(m)(w) (10.4%); el resto de la superficie se encuentra disperso en climas templado húmedo C(m)(w) (4.4%) y semicálido subhúmedo (A)C(w₀)(w) (0.16%) (Figura 4). Referente a la temperatura media anual, el rango varía de 11 a 27 °C; la mayor superficie (78.5%)

se encuentra entre 15 y 19 °C (Figura 5). Con relación a la precipitación, el 64% de la superficie recibe entre 1050 y 1150 mm de lluvia al año (Figura 6).

Para otras regiones productoras del mundo, Benacchio (1982), Gafni (1984), Whiley y Winston (1987), han reportado los requerimientos edafo-climáticos para el aguacate *P. americana* cv. "Hass", los cuales al ser analizados en relación con las características de suelo y clima identificadas para las plantaciones de Michoacán, se observa que solo en un 65% de la superficie cultivada se cumplen de manera óptima estos requerimientos. En el resto de la superficie, al menos uno de los factores analizados limita la productividad en los huertos. Sin embargo queda pendiente cuantificar el impacto real de cada una de las variables edafo-climáticas sobre las plantaciones de aguacate en Michoacán, México.

CONCLUSIONES

El uso de sistemas de información geográfica permitió generar un mapa cuantitativo ($P < 0.1\%$) para el cultivo del aguacate en el estado de Michoacán, México.

Las plantaciones se encuentran predominantemente (80.8%) en suelos de tipo andosol y el resto de la superficie en otros siete tipos diferentes, en pendientes que van de 0 a 35%.

Existen seis tipos climáticos en la zona productora, siendo predominante (32.5%) el semicálido subhúmedo (A)C(w₂)(w).

La temperatura media anual en las huertas de aguacate en Michoacán oscila entre 11 y 27 °C.

El rango de precipitación se encuentra entre 850 a 1450 mm de lluvia anual.

BIBLIOGRAFÍA

BENACCHIO, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.

CHUIEICO, E. 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Ed. Rialp, S.A. Madrid, España 419 p.

GAFNI E, 1984. Effect of extreme temperature regimes and different pollinizers on the fertilization and fruit set processes in avocado. M. Sc. Thesis Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, 97 pp.

INIFAP, 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales en México. El estado de Michoacán. Memorias. VI Reunión Científica y Técnica. Forestal y Agropecuaria. p. XIX- XXIV.

MEDINA-GARCÍA G., RUIZ-CORRAL J.A., Y MARTÍNEZ-PARRA R.A. 1998. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. INIFAP. CIRPAC. Libro técnico No. 1. 103 p.

RUIZ-CORRAL J.A. Y MEDINA-GARCÍA G. 1993. Como pronosticar la fenología del guayabo en los estados de Zacatecas y Aguascalientes. Folleto Técnico No. 6. INIFAP. C.E. Los Cañones. Huanusco, Zacatecas. 23 p.

RUIZ-CORRAL J.A., MEDINA-GARCÍA G., GONZÁLEZ-ACUÑA I.J., ORTIZ-TREJO C., FLORES-LÓPEZ H.E., MARTÍNEZ-PARRA R.A., Y BYERLY-MURPHY K.F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. SAGAR. INIFAP. CIRPAC. Libro Técnico No. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.

SÁNCHEZ-PÉREZ J. DE LA L., ALCÁNTAR-ROCILLO J.J., CORIA-AVALOS V.M., VIDALES-FERNÁNDEZ I., AGUILERA-MONTAÑÉS J.L., VIDALES-FERNÁNDEZ J.A., TAPIA-VARGAS L.M., Y HERNÁNDEZ-RUIZ G. 2001. Tecnología para producir aguacate en México. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Libro técnico No. 1.

TAPIA-VARGAS L.M. ET AL. 1995. Áreas potenciales para el cultivo de cucurbitáceas en el proyecto de riego Chilatán de Tepalcatepec, Mich. TERRA. 13(3): 231-243.

WHILEY, A W. AND E.C. WINSTON. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado-growing areas in Australia Yearbook. Proceedings of the World Avocado Congress. South African. 10:45-47.

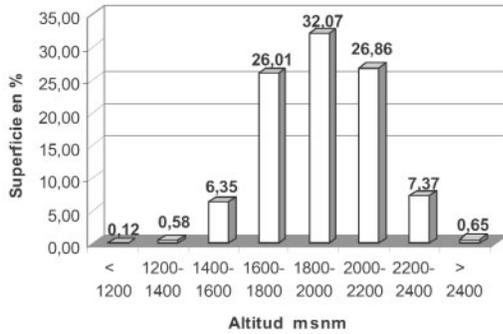


Figura 1. Superficie sembrada de aguacate (%) en rangos de 200 m de altitud para Michoacán.

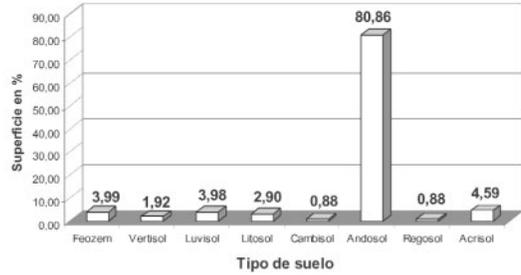


Figura 2. Superficie sembrada de aguacate (%) por tipo de suelo en Michoacán.

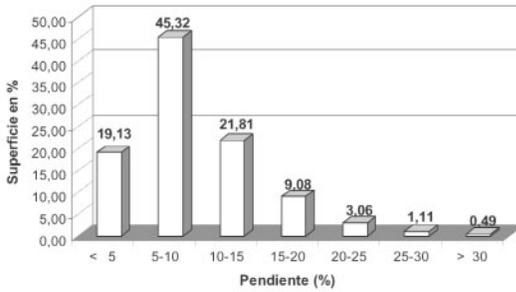


Figura 3. Superficie sembrada de aguacate (%) en estratos de cinco grados respecto a la pendiente del terreno en Michoacán.

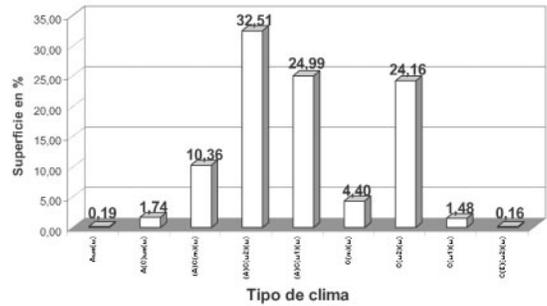


Figura 4. Superficie sembrada de aguacate (%) por tipo de clima en Michoacán.

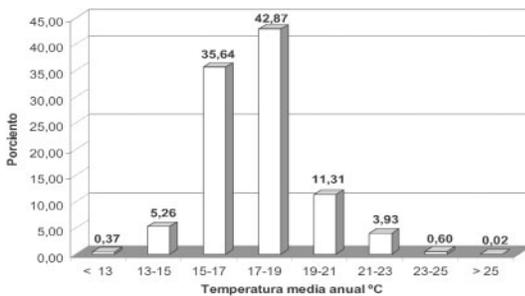


Figura 5. Temperatura media anual (°C) y superficie por estrato (%) en rangos de 2 o C para Michoacán.

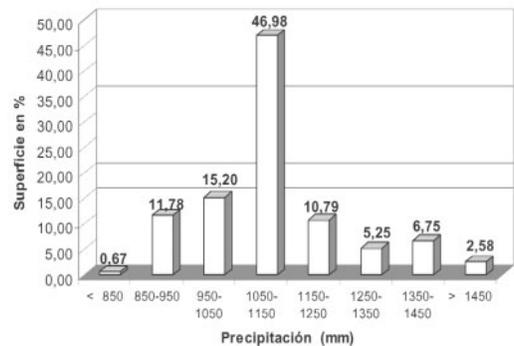


Figura 6. Precipitación anual y superficie sembrada (%) en rangos de 200 mm para Michoacán.